

УДК 616.718-001-08:796.071:615.8

Интеграция изокинетической диагностики, ультразвукового контроля и полевого тестирования в реабилитационный процесс

Смирнов Д. В. *

Физиотерапевт в АО ФК «Динамо - Москва»

г. Москва, Россия

ORCID : 0009 – 0006 – 2929 – 3996, d.smirnov@fcdynamo.ru

Аннотация. Современная спортивная реабилитация требует перехода от оценки готовности спортсмена по календарным срокам и отдельным клиническим или силовым показателям к комплексному динамическому контролю состояния тканей, мышечной функции и качества движения. Особую значимость такой подход приобретает после травм нижних конечностей, когда восстановление тканей и силы не всегда означает восстановление нервно-мышечного контроля и готовность к специфическим спортивным нагрузкам. **Цель исследования** – обосновать модель динамического контроля реабилитационного процесса спортсменов на основе интеграции ультразвукового мониторинга, изокинетической диагностики, полевого функционального тестирования и клинической оценки. **Научная новизна** исследования состоит в разработке мультимодальной модели контроля, объединяющей методы с различной периодичностью применения и позволяющей сопоставлять морфологическое состояние тканей, силовую и нервно-мышечную симметрию, качество движения и клиническое состояние спортсмена на последовательных этапах реабилитации. **Практическая значимость** исследования состоит в возможности применения предложенной модели для динамической коррекции реабилитационной нагрузки и повышения объективности решений о переходе между этапами восстановления и возвращении спортсмена к тренировочной и соревновательной деятельности. **Материалы и методы** исследования представлены анализом 10 публикаций 2021–2025 годов, посвящённых объективной оценке мышечной функции, ультразвуковому контролю состояния тканей и функциональному тестированию после травм нижних конечностей, а также методических материалов по применению изокинетического комплекса Biodex System 4 Pro. В результате исследования установлено, что отдельный метод контроля не позволяет одновременно оценить состояние тканей, восстановление мышечной функции и качество двигательной адаптации. Ультразвуковой мониторинг обеспечивает оценку реакции тканей на реабилитационную нагрузку, изокинетическая диагностика позволяет выявлять остаточный силовой и нервно-мышечный дефицит, а полевые тесты характеризуют качество движения при выполнении сложных и специфических для спорта действий. **Заключение.** Интеграция ультразвукового мониторинга, изокинетической диагностики, полевого функционального тестирования и клинической оценки формирует единый контур динамического контроля реабилитации, при котором решение о допуске спортсмена к нагрузкам принимается по совокупности морфологических, силовых, функциональных и клинических критериев, а не по отдельному показателю или календарному сроку.

Ключевые слова: спортивная реабилитация, изокинетическая диагностика, ультразвуковой мониторинг, функциональное тестирование, мышечный дефицит, травмы нижних конечностей, возвращение спортсменов к нагрузкам.

Для цитирования: Смирнов Д. В. * Интеграция изокинетической диагностики, ультразвукового контроля и полевого тестирования в реабилитационный процесс. Педагогико – психологические и медико – биологические проблемы физической культуры и спорта. 2026 ; 21 (3) : 198 - 204.

Integration of isokinetic diagnostics, ultrasound monitoring, and field testing into the rehabilitation process

*Dmitry V. Smirnov **

Physiotherapist at JSC FC Dynamo Moscow

Moscow, Russia

*ORCID : 0009 – 0006 -2929 – 3996, d.smirnov@fcdynamo.ru **

Abstract. Modern sports rehabilitation requires a transition from assessing an athlete's readiness based on recovery timelines and individual clinical or strength indicators to comprehensive dynamic monitoring of tissue condition, muscle function, and movement quality. This approach is particularly important after lower limb injuries, when tissue healing and strength recovery do not always indicate the restoration of neuromuscular control and readiness for sport-specific loads. **The aim of the study** is to substantiate a model of dynamic monitoring of the rehabilitation process in athletes based on the integration of ultrasound monitoring, isokinetic diagnostics, field functional testing, and clinical assessment. **The scientific novelty** of the study lies in the development of a multimodal monitoring model that integrates methods applied at different frequencies and enables the comparison of tissue morphology, strength and neuromuscular symmetry, movement quality, and the athlete's clinical condition at successive stages of rehabilitation. **The practical significance** of the study lies in the potential application of the proposed model for dynamic adjustment of rehabilitation loads and for improving the decisions' objectivity regarding progression between rehabilitation stages and the athlete's return to training and competition. **Materials and methods** included an analysis of 10 publications from 2021–2025 addressing objective assessment of muscle function, ultrasound monitoring of tissue condition, and functional testing after lower limb injuries, as well as methodological materials on the use of the Biodex System 4 Pro isokinetic system. The results of the study showed that no single monitoring method can simultaneously assess tissue condition, recovery of muscle function, and the quality of motor adaptation. Ultrasound monitoring provides an assessment of tissue response to rehabilitation loads, isokinetic diagnostics helps identify residual strength and neuromuscular deficits, and field tests characterize movement quality during complex and sport-specific activities. **Conclusion.** The integration of ultrasound monitoring, isokinetic diagnostics, field functional testing, and clinical assessment creates a unified framework for dynamic rehabilitation monitoring, in which decisions regarding an athlete's return to load are based on a combination of morphological, strength, functional, and clinical criteria rather than on a single indicator or a predetermined recovery timeline.

Keywords: sports rehabilitation, isokinetic diagnostics, ultrasound monitoring, functional testing, muscle deficit, lower limb injuries, return to sport.

For citation: Dmitry V. Smirnov *. Integration of isokinetic diagnostics, ultrasound monitoring, and field testing into the rehabilitation process. Russian Journal of Physical Education and Sport. 2026 ; 21 (3) : 198 - 204.

Введение

Травмы нижних конечностей остаются одной из главных задач спортивной медицины: даже после стандартной реабилитации у спортсмена могут сохраняться нарушения мышечной функции и двигательного контроля, и риск повторных повреждений после возвращения к нагрузкам растёт. Здесь нужен комплексный контроль состояния спортсмена: изокинетическая диагностика, ежедневный ультразвуковой мониторинг и полевое функциональное тестирование.

Цель исследования – обосновать модель спортивной реабилитации, в которой решения о возвращении к нагрузкам принимаются по совокупности трёх источников: ежедневного ультразвукового мониторинга тканей, изокинетической диагностики и полевых функциональных тестов. Для этого требуется разобраться, на что отвечает каждый из методов и как они дополняют друг друга на разных этапах восстановления.

Гипотеза: ежедневный ультразвуковой контроль тканей в сочетании с изокинетической диагностикой и полевыми тестами даёт более объективную оценку готовности спортсмена и сокращает число решений о допуске, принятых по одним лишь срокам или силовым показателям.

Новизна работы – построение схемы, где ежедневное ультразвуковое наблюдение сопровождает весь курс реабилитации и сопоставляется с периодической изокинетической оценкой и полевыми тестами. За счёт этого критерий допуска сдвигается от сроков восстановления и одной силовой метрики к совокупности признаков: морфологии тканей, нервно-мышечной симметрии и качества движения в специфических игровых ситуациях.

Материалы и методы

Аналитической рамкой служили публикации 2021–2025 годов из CyberLeninka и MDPI, посвящённые трём методам контроля реабилитации после травм нижних конечностей у спортсменов: изокинетической диагностике, ультразвуковому мониторингу мягких тканей и полемому функциональному тестированию. Поиск опирался на термины изокинетическая диагностика, ультразвуковой контроль, спортивная реабилитация, реабилитация после ПКС, мышечный дисбаланс, возвращение к спорту, функциональное тестирование и ультразвуковой мониторинг. В рассмотрение шли работы, где обсуждалась объективная оценка мышечной функции, состояние мягких тканей или функциональная готовность спортсменов на этапах восстановления. Публикации, ограниченные только хирургическим разделом без анализа собственно реабилитации,

отсеивались.

Из 25 первичных публикаций после поэтапной фильтрации (удаление дубликатов, разбор аннотаций, полнотекстовая сверка) осталось 10 источников. Параллельно рассматривались методические материалы по комплексу Biodex System 4 Pro: протоколы тестирования коленного и голеностопного суставов, оценочные шкалы мышечной симметрии и порядок встраивания изокинетического тестирования в RTP-протокол клуба.

Главное ограничение – неоднородность реабилитационных протоколов в современной литературе и отсутствие единого стандарта по сочетанию инструментальных и функциональных методов в RTP-системе.

Результаты и обсуждение

Оценка восстановления по одним лишь срокам объективной готовности спортсмена к тренировочным нагрузкам не даёт [8]. При отсутствии боли и удовлетворительном клиническом состоянии у части спортсменов сохраняются нарушения мышечной симметрии и скрытый нервно-мышечный дефицит [2]. Чаще такая картина встречается после травм передней крестообразной связки и повреждений мышц бедра. Изокинетическая диагностика в этом случае работает как инструмент точной количественной оценки функционального состояния конечности, не как дополнительный метод контроля.

Самыми информативными показателями остаются индекс симметрии конечностей и соотношение силы сгибателей и разгибателей [3]. По этим параметрам видны остаточные нарушения мышечной координации даже у спортсменов с нормальной клинической картиной. Анализ публикаций показал, что выход на нормативные значения силы автоматически не возвращает полноценный двигательный контроль. Таблица 1 сводит показатели симметрии походки после реабилитации.

Таблица 1

Сравнение показателей симметрии походки через 15 недель реабилитации (Составлено автором на основе источника: [1])

Показатель	Основная группа	Группа сравнения	Разница
Дефицит опоры, %	0,04	12,44	12,40
Одиночная поддержка, %	3,71	18,55	14,84
Дефицит переноса, %	3,99	20,54	16,55
Прыжковая асимметрия менее 75 %	6,7	26,5	19,8

Ежедневный ультразвуковой мониторинг показывает реакцию тканей на нагрузку и позволяет оперативно править параметры реабилитации [2]. Самые значимые изменения видны при оценке отёка, эхогенности тканей и структуры мышечных волокон [4]. Анализ показал, что ухудшение ультразвуковой картины часто опережает выраженную боль или функциональные жалобы. Поэтому УЗИ применяют как инструмент оперативной коррекции объёма двигательной нагрузки. Когда ультразвуковое

оборудование стоит прямо в реабилитационном подразделении, врач ежедневно объективно контролирует травмированную область и меняет восстановительную нагрузку по реакции тканей. У молодых спортсменов с ПКС эта связка ежедневного контроля и пошаговой коррекции особенно важна, поскольку восстановление двигательного контроля у них отстаёт от заживления тканей [6]. Таблица 2 показывает динамику ультразвуковых показателей после курса восстановительной терапии.

Таблица 2

Динамика ультразвуковых показателей в основной группе после TR-терапии (Составлено автором на основе источника: [2])

Показатель	До лечения	После лечения
Толщина отека, мм	8,4	3,1
Повышенная эхогенность, %	62	24
Нарушение структуры волокон, %	58	19
Болезненность при нагрузке, %	71	28

Данные таблицы 2 показывают уменьшение отёка, улучшение структуры тканей и снижение болезненности при нагрузке. Положительная ультразвуковая динамика, однако, не всегда сопровождается полноценным восстановлением двигательной адаптации [7].

Здесь и подключается полевое функциональное тестирование. Прыжковые, беговые и координационные тесты дают оценить качество движения в условиях, близких к реальной игре. Скрытый двигательный дефицит чаще всего проявляется именно на переходе к сложным двигательным действиям и высокоскоростной, высокоинтенсивной работе. Нормальные показатели силы и удовлетворительная ультразвуковая картина полноценного двигательного контроля ещё не дают гарантию [9]. Самые стабильные результаты дают изокинетическая диагностика, ежедневный ультразвуковой мониторинг и полевое тестирование вместе, внутри одной системы управления реабилитационной нагрузкой.

Традиционные подходы к возвращению

спортсменов к нагрузкам современным требованиям спортивной реабилитации уже не отвечают. При соблюдении стандартных сроков после операции у спортсменов нередко сохраняются мышечный дефицит, нарушения координации и скрытая нестабильность движений. Особенно после реконструкции передней крестообразной связки, когда восстановление тканей опережает восстановление полноценного двигательного контроля [10].

Спортивная реабилитация переходит от разовой оценки состояния к постоянному динамическому контролю и управлению нагрузкой. Главным становится не отдельный тест, а непрерывная связь между инструментальными, функциональными и клиническими критериями. Ежедневный ультразвуковой мониторинг здесь центральный элемент: в отличие от периодической силовой диагностики, УЗИ позволяет почти ежедневно отслеживать реакцию тканей на нагрузку, ловить признаки перегрузки и вовремя править программу восстановления [2].

Допуск к тренировкам не строится ни на од-

ном из этих компонентов в отдельности; нужна совокупная оценка клинического состояния, изокинетической диагностики и полевых тестов. Изокинетика показывает нервно-мышечную готовность и симметрию мышечной функции. В клубной практике Biodex применяют как часть общей системы RTP-контроля вместе с клинической оценкой, полевым тестированием и мониторингом состояния тканей. Полевые тесты дают оценить качество двигательной адапта-

ции и устойчивость к специфической нагрузке. Клиническое состояние и данные ультразвукового мониторинга показывают, как ткани переносят нагрузку, и помогают вовремя заметить перегрузку. Вместе эти источники повышают объективность RTP-контроля [5]. Рисунок 1 показывает авторскую модель мультимодального динамического контроля реабилитационного процесса спортсменов.

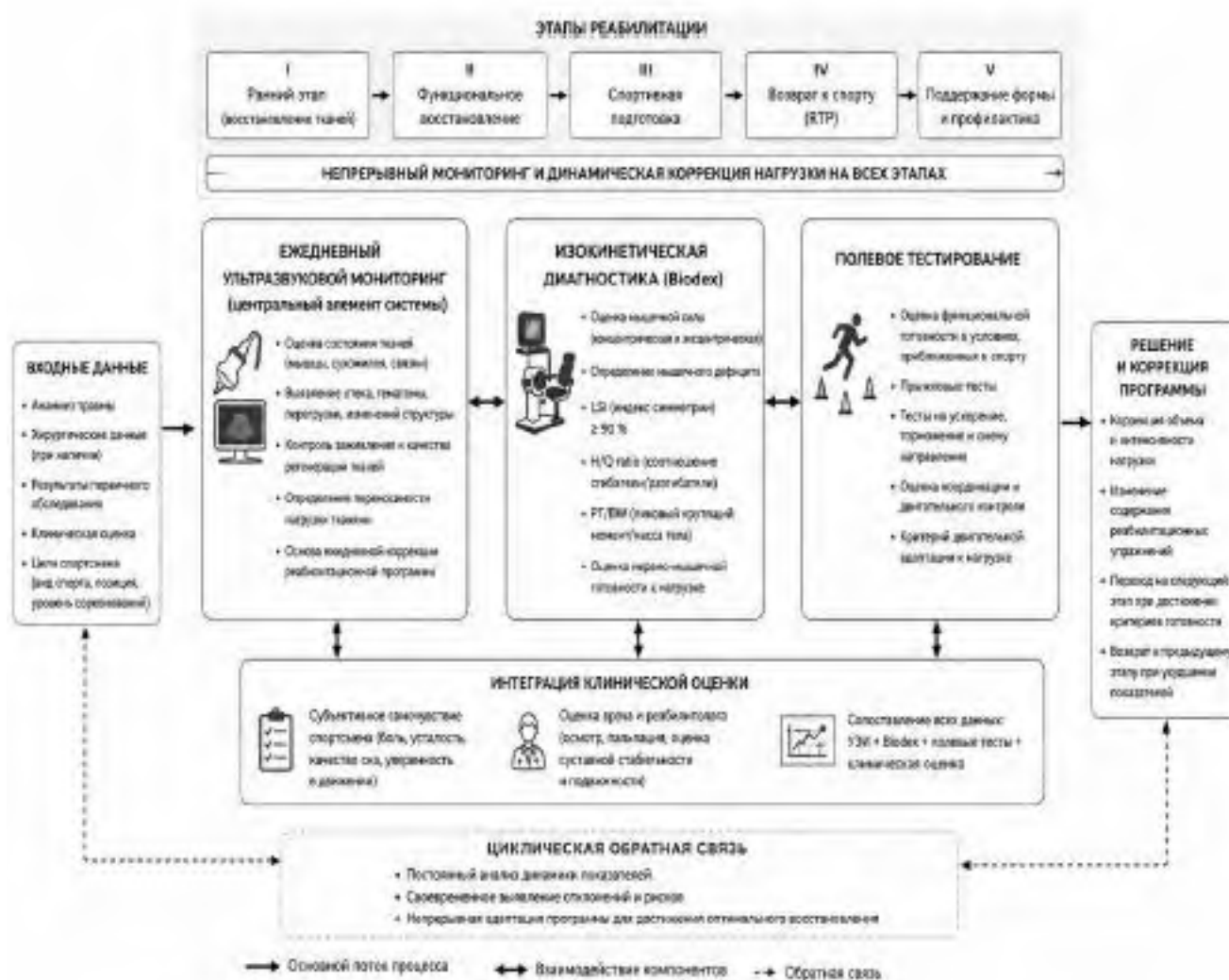


Рис. 1. Авторская модель мультимодального динамического контроля реабилитационного процесса спортсменов (Авторская разработка)

У модели три рабочих ритма. УЗИ снимает показатели каждый день – толщину отёка, эхогенность, структуру волокон – и подаёт врачу сигнал раньше, чем спортсмен ощутит дискомфорт. Изокинетическое тестирование проводится с большими интервалами: им проверяют переход между этапами реабилитации и фиксируют, как восстанавливается симметрия и нервно-мышечная готовность. Полевые тесты подключаются на финальном этапе, когда нужно понять, удерживается ли качество движения при

высокой скорости и нестандартных ситуациях. Протоколы тестирования при этом не жёсткие: под характер травмы, этап восстановления и задачи конкретного клуба их можно сдвигать. Решение о допуске собирается из нескольких слов данных, а не из одного силового замера или истечения «положенных» сроков. Информация поступает через всю реабилитацию непрерывно, и это снимает главный риск – скрытый функциональный дефицит, который иначе обнаруживается уже на тренировке.

Заключение

По одним календарным срокам или клиническому самочувствию допуск к тренировкам и матчам объективно не определяется. После восстановления силы у спортсмена нередко остаются скрытые нарушения координации и асимметрия движений, и именно они приводят к повторным травмам.

Изокинетику нет смысла применять изолированно. Своей максимальной точности она достигает в связке с ультразвуковым контролем, клинической оценкой и полевыми тестами.

Предложенная модель собирает все четыре источника данных в один поток, по которому состояние спортсмена отслеживается в режиме непрерывного RTP-контроля. Контроль здесь – процесс, идущий через всю реабилитацию.

Список литературы

1. Бойченко Р. А., Горнов С. В. Медицинская реабилитация в спорте высших достижений после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2022 ; 24 (2) : 94 - 100.
2. Епифанов А. В., Куценко И. В., Казакова И. М., Морозова О. В., Долгушкин Д. А. Оценка эффективности TR-терапии пациентов с синдромом грушевидной мышцы с помощью ультразвукового исследования. *Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье*. 2022 ; 2 (56) : 104 - 110.
3. Каладзе Н. Н., Рыбалко О. Н., Янина Т. Ю. Ультразвуковые особенности мышечной системы детей с задержкой психомоторного развития при немедикаментозной реабилитации. *Вестник физиотерапии и курортологии*. 2024 ; 30 (2) : 103 - 103.
4. Колмаков В. И., Картавцева А. И., Составнев И. В. Международный опыт социальной реабилитации травмированных и раненых участников боевых действий на основе физической активности и адаптивного спорта. *Журнал Сибирского федерального университета. Гуманитарные науки*. 2024 ; 17 (2) : 374 - 389.
5. Ложкин В. О., Овсянникова Е. Ю. Анализ средств и методов физической реабилитации хоккеистов после повреждений коленного сустава. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2024 ; 10 - 3 (97) : 252 - 255.
6. Михайлова М. Г. Физическая реабилитация спортсменов-футболистов 15 - 18 лет после разрыва передней крестообразной связки на этапе спортивной реабилитации. *Российский журнал спортивной науки : медицина, физиология, тренировка*. 2023 ; 2 (2) : 5.
7. Осипов Ю. В., Волотовская А. В., Гулевич Н. П., Эйсмонт О. Л., Малюк Б. В. Система реабилитации спортсменов после реконструкции

передней крестообразной связки коленного сустава. *Прикладная спортивная наука*. 2022 ; 2 (16) : 93 - 98.

8. Luo Y. - Y., Huang C., Song Z., Nazari V., Wong A. Y. - L., Yang L., Dong M., Zhang M., Zheng Y. - P., Fu A. S. - N., Ma C. Z. - H. Wearable Ultrasound-Imaging-Based Visual Feedback (UVF) Training for Ankle Rehabilitation of Chronic Stroke Survivors: A Proof-of-Concept Randomized Crossover Study. *Biosensors*. 2025 ; 15 (6) : 365.

9. Rivera - Brown A. M., Frontera W. R., Fontáñez R., Micheo W. Evidence for isokinetic and functional testing in return to sport decisions following ACL surgery. *PM&R*. 2022 ; 14 (5) : 678 - 690.

10. Zarro M. J., Stitzlein M. G., Lee J. S., Rowland R. W., Gray V. L., Taylor J. B., Meredith S. J., Packer J. D., Nelson C. M. Single-Leg Vertical Hop Test Detects Greater Limb Asymmetries Than Horizontal Hop Tests After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in NCAA Division 1 Collegiate Athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2021 ; 16 (6) : 1405 - 1414.

References

1. Boychenko R. A., Gornov S. V. Medical rehabilitation in elite sports after anterior cruciate ligament reconstruction of the knee joint. *Meditina Ekstremal'nykh Situatsiy*. 2022 ; 24 (2) : 94 - 100 [In Russ.]
2. Epifanov A. V., Kutsenko I. V., Kazakova I. M., Morozova O. V., Dolgushkin D. A. Evaluation of the effectiveness of TR therapy in patients with piriformis syndrome using ultrasound examination. *Vestnik Meditsinskogo Instituta "Reaviz": Reabilitatsiya, Vrach I Zdorov'e*. 2022 ; 2 (56) : 104 - 110 [In Russ.]
3. Kaladze N. N., Rybalko O. N., Yanina T. Yu. Ultrasound features of the muscular system in children with delayed psychomotor development during non-drug rehabilitation. *Vestnik Fizioterapii I Kurortologii*. 2024 ; 30 (2) : 103 - 103 [In Russ.]
4. Kolmakov V. I., Kartavtseva A. I., Sostavnev I. V. International experience of social rehabilitation of injured and wounded combat participants through physical activity and adaptive sports. *Zhurnal Sibirskogo Federal'nogo Universiteta. Gumanitarnye Nauki*. 2024 ; 17 (2) : 374 - 389 [In Russ.]
5. Lozhkin V. O., Ovsyannikova E. Yu. Analysis of means and methods of physical rehabilitation of hockey players after knee joint injuries. *Mezhdunarodnyy Zhurnal Gumanitarnykh I Estestvennykh Nauk*. 2024 ; 10 - 3 (97) : 252 - 255 [In Russ.]
6. Mikhaylova M. G. Physical rehabilitation of football players aged 15–18 after anterior cruciate ligament rupture at the stage of sports rehabilitation. *Rossiyskiy Zhurnal Sportivnoy Nauki: Meditsina, Fiziologiya, Trenirovka*. 2023 ; 2 (2) : 5 [In Russ.]

7. Osipov Yu. V., Volotovskaya A. V., Gulevich N. P., Eismont O. L., Malyuk B. V. Rehabilitation system for athletes after anterior cruciate ligament reconstruction of the knee joint. *Prikladnaya Sportivnaya Nauka*. 2022 ; 2 (16) : 93 - 98 [In Russ.]

8. Luo Y. - Y., Huang C., Song Z., Nazari V., Wong A. Y. - L., Yang L., Dong M., Zhang M., Zheng Y. - P., Fu A. S. - N., Ma C. Z. - H. Wearable Ultrasound-Imaging-Based Visual Feedback (UVF) Training for Ankle Rehabilitation of Chronic Stroke Survivors: A Proof-of-Concept Randomized Crossover Study. *Biosensors*. 2025 ; 15 (6) : 365 [In Engl.].

9. Rivera - Brown A. M., Frontera W. R., Fontánez R., Micheo W. Evidence for isokinetic and functional testing in return to sport decisions following ACL surgery. *PM&R*. 2022 ; 14 (5) : 678 – 690 [In Engl.].

10. Zarro M. J., Stitzlein M. G., Lee J. S., Rowland R. W., Gray V. L., Taylor J. B., Meredith S. J., Packer J. D., Nelson C. M. Single-Leg Vertical Hop Test Detects Greater Limb Asymmetries Than Horizontal Hop Tests After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in NCAA Division 1 Collegiate Athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2021 ; 16 (6) : 1405 – 1414 [In Engl.].

Статья поступила в редакцию: 11.09.2026

Смирнов Дмитрий Владимирович – физиотерапевт, АО ФК «Динамо - Москва», 125167, Москва, Ленинградский проспект, дом 36, 3 этаж, помещение № 198, e-mail : d.smirnov@fcdynamo.ru
